

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09236834 A

(43) Date of publication of application: 09.09.97

(51) Int. Cl

G02F 1/35

H04B 10/00

(21) Application number: 08041940

(22) Date of filing: 28.02.96

(71) Applicant: NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(72) Inventor: TAKARA HIDEHIKO  
KAWANISHI SATOKI  
SARUWATARI MASATOSHI

(54) LIGHT PULSE GENERATING CIRCUIT

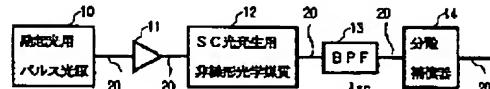
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent polarization condition from being changed and to improve operational stability by using the components of all a polarization holding type and coupling all of these optical main axes in parallel or perpendicularly.

SOLUTION: A pulsed light source 10 which generates SC light pulses, an optical amplifier 11, a nonlinear optical medium 12, an optical band-pass filter 13 and a dispersion compensator 14 are defined as a polarization holding type, all optical axes of each component are coupled in parallel or perpendicular by an optical coupling means 20 of the polarization holding type. In this way, in the case using optical parts of optical fiber structure when respective elements are defined as the polarization holding type, the elements can be structured by ANDA fibers or elliptic core fibers. By this, changes in the polarization condition of output pulses and pulses can be made small for mechanical vibrations and temperature variation, etc. Since the components for controlling the conditions of polarization is unnecessitated the loss of the entire

system can be reduced, and the device can be made small in size and low in cost.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-236834

(43)公開日 平成9年(1997)9月9日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
G 0 2 F 1/35  
H 0 4 B 10/00

識別記号

府内整理番号

F I  
G 0 2 F 1/35  
H 0 4 B 9/00

技術表示箇所  
Z

審査請求 未請求 請求項の数2 O.L (全7頁)

(21)出願番号 特願平8-41940

(22)出願日 平成8年(1996)2月28日

(71)出願人 000004226  
日本電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号  
(72)発明者 高良 秀彦  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(72)発明者 川西 哲基  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(72)発明者 猿渡 正俊  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内  
(74)代理人 弁理士 古谷 史旺

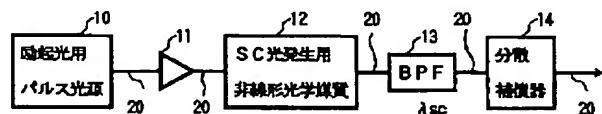
(54)【発明の名称】光パルス発生装置

(57)【要約】

【課題】外部変動によるSC光パルスの偏光状態の変化を防ぐ。

【解決手段】SC光パルスを発生するパルス光源、光増幅器、非線形光学媒質、光バンドパスフィルタ、分散補償器が、光パルスの偏光方向を保持し、これらの光学主軸をすべて平行または直交に結合する。

請求項1の光パルス発生装置の実施形態



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の繰り返し周波数の光パルスを発生するパルス光源と、前記光パルスを増幅する光増幅器と、  
増幅された光パルスをスーパーコンティニアム（以下「SC」という。）光パルスに変換する非線形光学媒質と、  
前記SC光パルスのスペクトル中の所定の波長域を切り取る光バンドパスフィルタと、  
前記SC光パルスのチャーピングを補償する分散補償器とを備えた光パルス発生装置において、  
前記パルス光源、光増幅器、非線形光学媒質、光バンドパスフィルタ、分散補償器を偏光保持型とし、それぞれの光学主軸をすべて平行または直交に結合した構成であることを特徴とする光パルス発生装置。

【請求項2】 請求項1に記載の光パルス発生装置と、前記光パルス発生装置から出力されるSC光パルスを空間的にN個（Nは2以上の整数）に分岐する光分岐器と、  
前記N個のSC光パルスの強度または位相をそれぞれ所定の信号で変調するN個の光変調器と、  
各チャネルの光パルス信号に時間軸上でそれぞれ異なる遅延を与えるN個の光遅延器と、  
Nチャネルの光パルス信号を合波し、時分割多重光信号として出力する光合波器とを備え、前記光分岐器、光変調器、光遅延器、光合波器を偏光保持型とし、それぞれの光学主軸をすべて平行または直交に結合した構成であることを特徴とする光パルス発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信や光計測その他に用いる高速・超短光パルスを発生させる光パルス発生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 超高速光通信や光サンプリング等の超高速光計測の実現には、いかにパルス幅が狭く安定な光パルスを発生させることができるかが重要な課題になっている（参考文献：高良他、「和周波光発生を用いた光サンプリングによる超高速光波形測定法」、電子情報通信学会論文誌、B-I, vol. J75-B-I, No. 5, pp. 372-380, 1992）。

【0003】 従来のパルス光源には、リング共振器型モード同期レーザ、ファブリペロー共振器型モード同期レーザ、利得スイッチング半導体レーザ、CW半導体レーザと電界吸収型光変調器の組み合わせ、その他がある。図4は、従来のリング共振器型モード同期レーザの構成例を示す。図において、41は光変調器、42は光パルスを増幅する光増幅器、43は発振波長を光増幅器の利得スペクトル幅内で決定する光バンドパスフィルタ（BPF）、44は光パルス（モード同期レーザ出力光）の

一部を外部に取り出す光分岐器、45は光路長を可変させる光遅延器であり、それらが光結合手段46を介してリング状に結合されリング共振器が構成される。光変調器41には、直流電圧源47と、電圧増幅器48を介して発振器49が接続され、発振器49の周波数 $f_0$ に応じてリング共振器内を伝搬する光の損失あるいは位相を変調し、繰り返し周波数 $f_0$ の光パルス列を発生させる。

【0004】 上記のその他のパルス光源においても、同様に発振器の周波数 $f_0$ に応じて繰り返し周波数 $f_0$ の光パルス列を発生させることができる。しかし、これらの出力光のパルス幅は数ps以上であった。一方、最近発表された技術として、繰り返し周波数6GHz以上でパルス幅0.5ps以下の高速・超短光パルスを発生させるSC光パルス発生法がある（参考文献：T.Morioka et al., "Nearly penalty-free, 4ps supercontinuum WDM pulsegeneration for Tbit/s TDM-WDM network", OFC94, PD21, 1994）。

【0005】 図5は、SC光パルス発生を用いた光パルス発生装置の構成例を示す。図において、50は励起用パルス光源、51は光増幅器、52は偏光制御器、53はSC光発生用非線形光学媒質、54は光バンドパスフィルタ（BPF）、55は分散補償器、56は各構成要素を光学的に結合する光結合手段である。励起用パルス光源50には、例えば図4に示すようなリング共振器型モード同期レーザが用いられる。光増幅器51には希土類添加ファイバが用いられる。分散補償器55には光ファイバが用いられる。

【0006】 以下、図6を参照してSC光パルスの発生過程について説明する。励起用パルス光源50から出力された励起光パルスは、光増幅器51で増幅され、偏光制御器52で所定の偏光状態に設定された後にSC光発生用非線形光学媒質53に入射される（図6(a)）。このとき、励起光の波長 $\lambda_P$ とSC光発生用非線形光学媒質53の零分散波長が近くなるように設定し、励起光のピークパワーが十分に高くなるように増幅すると、SC光発生用非線形光学媒質53内で励起光パルスからSC光パルスへの変換が起きる。

【0007】 このSC光パルスは図6(b)に示すように、数十nm以上の広波長域のスペクトル幅を有した光パルス列となる。そして、光バンドパスフィルタ54を用いて所望の波長 $\lambda_{SC}$ のSC光パルスを切り取る（図6(c)）。このとき、フィルタリングしたSC光パルスがSC光発生用非線形光学媒質53の分散特性の影響でチャーピング（光パルス内で時間的に光周波数が異なること）を有する場合には、分散補償器55でこのチャーピングを制御してチャーピングのない光パルス列に変換する（図6(d)）。なお、切り取ったスペクトルバンド幅内のSC光パルスにチャーピングがない場合には分散補償器55は不要である。

【0008】得られたSC光パルスのスペクトルバンド幅は、光バンドパスフィルタ54のバンド幅によって決定される。このバンド幅を $\Delta f$ 、光パルス幅を $\Delta t$ とすると、これらの積（時間バンド幅積）は、

$$\Delta f \cdot \Delta t \geq C \quad \cdots(1)$$

となり、フーリエ変換限界値以上となる。ここで、Cは光パルスの形状で決まる値であり、例えばガウス型の場合には $C=0.44$ 、 $\text{sech}^2$ 型の場合には $C=0.31$ となる。特に、(1)式で等号が成り立つ場合の光パルスをフーリエ変換限界パルスと呼ぶ。

【0009】SC光パルスにチャーピングがない場合にはフーリエ変換限界パルスが得られる。したがって、SC光パルスの光パルス幅 $\Delta t$ は、

$$\Delta t = C / \Delta f \quad \cdots(2)$$

となり、バンド幅 $\Delta f$ を増加することによりパルス幅の狭い光パルスが得られることがわかる。例えば、 $\Delta f = 650\text{GHz}$ （波長約5nm）に設定し、光パルス波形をガウス型と仮定すると、パルス幅 $\Delta t = 0.5\text{ps}$ が得られる。したがって、このSC光パルス発生法は、サブピコ秒のパルス幅の超短光パルスを得ることができるので、数百Gbit/s領域の超高速光で通信および高時間分解能の光サンプリング光波形測定などが可能となる。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】SC光パルスの発生は、入射光の偏光依存性を有する自己位相変調、4光波混合、ラマン増幅等の非線形光学効果の複合により起きると考えられている。したがって、図5に示す構成においても励起光パルスの偏光状態に依存してSC光パルスの発生効率やスペクトルが変化する。そのため、偏光制御器52を用いて増幅後の励起光パルスの偏光状態をSC光パルス発生に最適になるように調整していた。

【0011】ところで、図5に示す従来構成では、光増幅器51やSC光発生用非線形光学媒質53として偏光を保持しない長尺の光ファイバ（光増幅器で10m以上、SC光発生用非線形光学媒質で1km以上）が用いられている。したがって、励起用パルス光源50から偏光状態の安定した光パルスを発生させたとしても、機械的な振動や温度変化の影響により光ファイバ内部で偏光状態の変化が起きやすい。また、光バンドパスフィルタ54、分散補償器55、光結合手段56も偏光保持型ではないので、SC光パルス発生後でもSC光パルスの偏光状態が時間的に変化する問題点があった。

【0012】上述した光通信や光計測の分野では、偏光依存性のある光変調器や光ゲート素子等を利用する場合が多い。したがって、従来のSC光パルス発生を利用した光パルス発生装置は、外部変動によりSC光パルスのレベル変動や偏光状態変化等が生じやすいために、実際に適用することは困難であった。本発明は、SC光パルスを発生させる構成において、外部変動によるSC光パルスの偏光状態の変化を防ぐことができる光パルス発生

装置を提供することを目的とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1の光パルス発生装置は、SC光パルスを発生するパルス光源、光増幅器、非線形光学媒質、光バンドパスフィルタ、分散補償器を偏光保持型とし、これらの光学主軸をすべて平行または直交に結合した構成である。このように光パルス発生装置の各構成要素を偏光保持型とすることにより、偏光状態の変化を防ぎ、動作の安定性を向上させることができる。

【0014】請求項2の光パルス発生装置は、SC光パルスをチャネル数分に分岐し、各SC光パルスをそれぞれ信号で変調し、各光パルス信号にそれぞれ異なる遅延を与えて合波する構成において、各構成要素を偏光保持型とし光学主軸をすべて平行または直交に結合する。これにより、光パルス信号の時分割多重の過程において偏光状態の変化を防ぎ、動作の安定性を向上させることができる。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】図1は、請求項1の光パルス発生装置の実施形態を示す。図において、10は単一偏光の光パルスを発生する励起用パルス光源、11は偏光保持型の光増幅器、12は偏光保持型のSC光発生用非線形光学媒質、13は偏光保持型の光バンドパスフィルタ（BPF）、14は偏光保持型の分散補償器、20は各構成要素の光学主軸をすべて平行または直交に結合する偏光保持型の光結合手段である。

【0016】偏光保持型の光増幅器11としては、希土類添加ファイバを用いた光増幅器、半導体レーザ増幅器、希土類添加したプレーナ型の石英系光導波路を利用することができる。偏光保持型のSC光発生用非線形光学媒質12としては、光ファイバ、半導体導波路、有機結晶または有機導波路が使用できる。偏光保持型の分散補償器14としては、光ファイバ、プレーナ型の石英系光導波路、半導体導波路、回折格子対、プリズム対、Gires-Tournois干渉系、ファイバグレーティングが使用できる。

【0017】ここで、光パルス発生装置を構成する各要素を偏光保持型とするとき、光ファイバ構造の光部品を用いる場合には、PANDAファイバや橋円コアファイバ構成にすればよい。また、プレーナ型の石英系光導波路、半導体、結晶等の部品や素子を用いる場合には、これらが複屈折性材料でありすでに偏光保持性を有しているので、そのまま用いることができる。

【0018】また、励起用パルス光源10において単一偏光の光パルスを発生させるには、上記のリング共振器型モード同期レーザ、ファブリペロー共振器型モード同期レーザ、利得スイッチング半導体レーザ、CW半導体レーザと電界吸収型光変調器の組み合わせ、その他の構成において、構成部品や素子をPANDAファイバ、橋円コアファイバ、プレーナ型の石英系光導波路、半導体

導波路、結晶等の偏光保持型に置き換えればよい。

【0019】さらに、これらの構成要素の光学主軸をすべて平行または直交に結合する。これにより、装置内の光パルスの偏光方向は外部変動により変化せず、同一偏光方向に保持されて導波されるので、偏光状態の変化による不安定動作は起きない。また、従来必要とされていた偏光制御器が不要となるので、構成が簡単になるとともにその損失も解消できる。

【0020】図2は、請求項2の光パルス発生装置の実施形態を示す。図において、10～14は第1の実施形態と同様である。ただし、11-1はSC光発生用非線形光学媒質12の前段に配置される偏光保持型の光増幅器、11-2は分散補償器14の後段に配置される偏光保持型の光増幅器である。本実施形態では、さらに偏光保持型の光分岐器15、偏光保持型の光変調器16-1～16-N、偏光保持型の光遅延器17-1～17-N、偏光保持型の光合波器18により構成される時分割多重部19が接続される。

【0021】偏光保持型の光分岐器15および光合波器18としては、PANDAファイバや楕円コアファイバからなる光ファイバ型カプラを使用できる。偏光保持型の光変調器16としては、LiNbO<sub>3</sub>等の電気光学効果材料を用いた光変調器や、電界吸収型半導体変調器などが利用できる。偏光保持型の光遅延器17としては、PANDAファイバや楕円コアファイバを使用でき、その長さにより伝搬する時間を調整する。また、光分岐器15、光遅延器17、光合波器18は、プレーナ型の石英系光導波路上に形成したものを用いてもよい。

【0022】図3は、時分割多重部19の動作例を示す。光増幅器11-2から光分岐器15に入力されたSC光パルスはN分割され、それぞれ光変調器16-1～16-Nで強度または位相が変調され、独立に符号化される。その後、Nチャネルの光信号が時間軸上で重ならないように、光遅延器17-1～17-Nでそれぞれ異なる遅延を与える(図3(a)～(c))。これらの光信号を光合波器18で合波することにより、Nチャネルの光信号を時分割多重することができる(図3(d))。

【0023】本発明の構成では、構成要素をすべて偏光保持型とし、これらの光学主軸をすべて平行または直交に結合する。したがって、装置内の光パルスの偏光方向は外部変動により変化せず、同一偏光方向に保持されて

導波されるので、单一偏波の安定な時分割多重光信号を得ることができる。

#### 【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光パルス発生装置は、構成要素をすべて偏光保持型とし、さらに光学主軸をすべて平行または直交に結合することにより、機械的振動や温度変動等に対して出力光パルスの偏光状態およびレベルの変化を小さくすることができる。また、偏光状態を制御するための構成要素が不要となるので、系全体の損失を低減することができ、小型化および低コスト化を図ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1の光パルス発生装置の実施形態を示すブロック図。

【図2】請求項2の光パルス発生装置の実施形態を示すブロック図。

【図3】時分割多重部19の動作例を示す図。

【図4】従来のリング共振器型モード同期レーザの構成例を示すブロック図。

【図5】SC光パルス発生を用いた光パルス発生装置の構成例を示すブロック図。

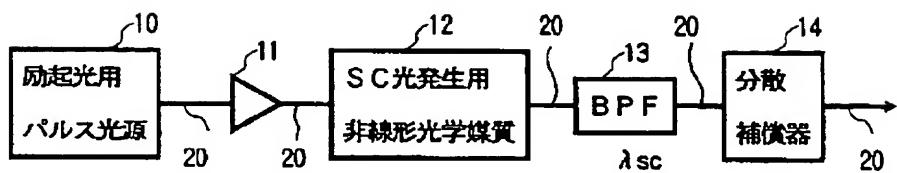
【図6】SC光パルスの発生過程を説明する図。

#### 【符号の説明】

- 10 単一偏光の励起光用パルス光源
- 11 偏光保持型の光増幅器
- 12 偏光保持型のSC光発生用非線形光学媒質
- 13 偏光保持型の光バンドパスフィルタ(BPF)
- 14 偏光保持型の分散補償器
- 15 偏光保持型の光分岐器
- 16 偏光保持型の光変調器
- 17 偏光保持型の光遅延器
- 18 偏光保持型の光合波器
- 20 偏光保持型の光結合手段
- 50 励起光用パルス光源
- 51 光増幅器
- 52 偏光制御器
- 53 SC光発生用非線形光学媒質
- 54 光バンドパスフィルタ(BPF)
- 55 分散補償器
- 56 光結合手段

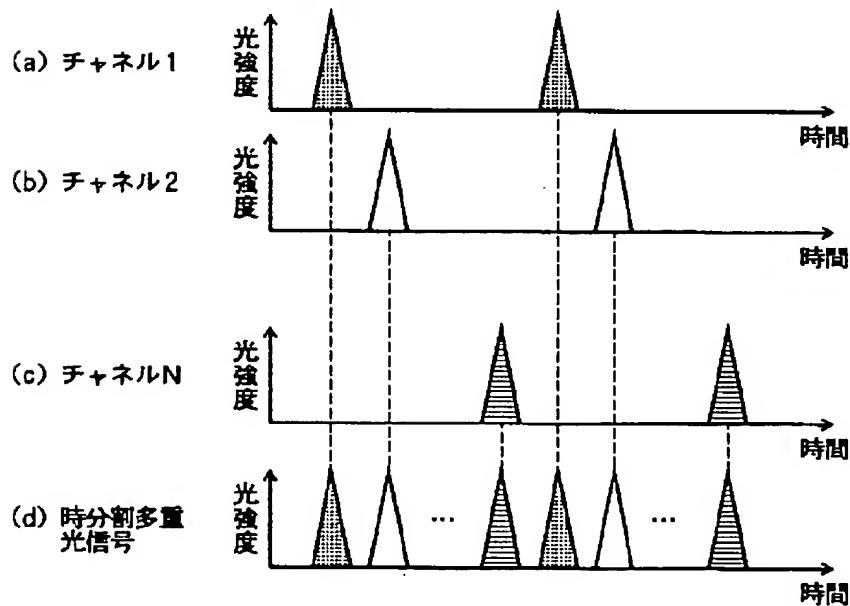
【図1】

## 請求項1の光パルス発生装置の実施形態



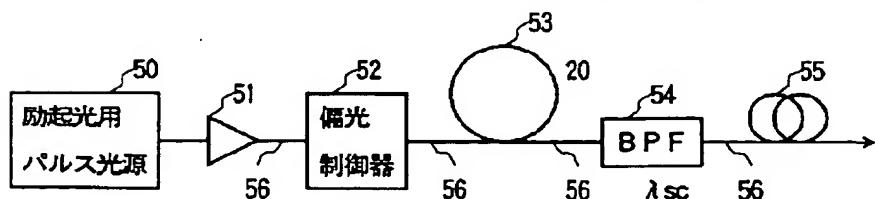
【図3】

## 時分割多重部19の動作例

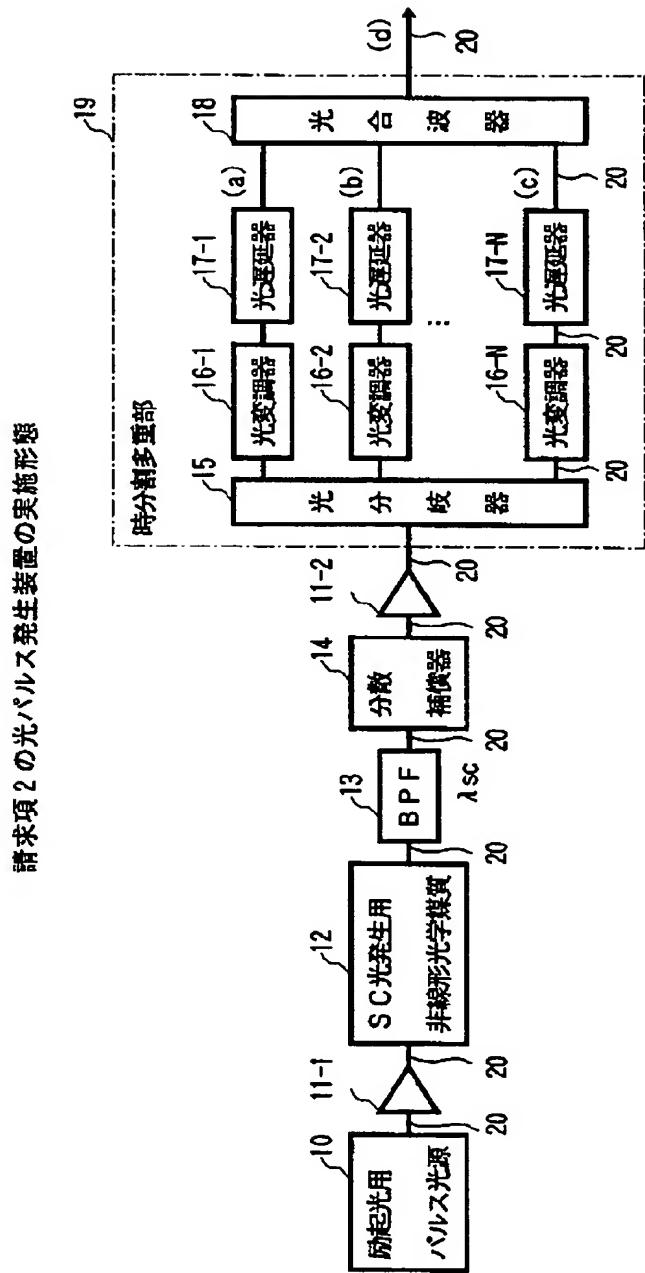


【図5】

## SC光パルス発生を用いた光パルス発生装置の構成例



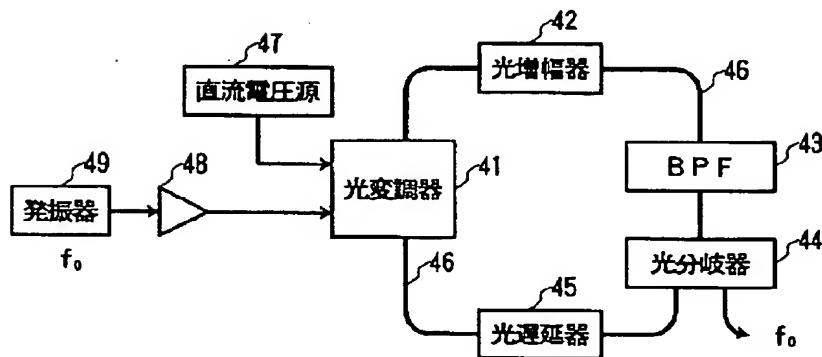
【図2】



請求項2の光パルス発生装置の実施形態

【図4】

## 従来のリング共振器型モード同期レーザの構成例



【図6】

## S C光パルスの発生過程

